4. 東部小尺度

農業部臺東區農業改良場/廖勁穎/助理研究員

4.1 背景介紹

東部地區為臺灣重要水稻產地，尤其花東縱谷的稻作最為集中，依農糧署統計，臺東縣及花蓮縣稻穀與白米零售、躉售價格穩居全國冠、亞軍，突顯優良的稻米品吸引消費者青睞。依據 113 年農業統計年報，花東地區水稻收穫面積達 2.89 萬公頃，年產稻穀約 13.45 萬公噸，花東地區水稻產業年產值粗估 35.32 億元；花東地區稻作農戶數推估 5,000-5,500 戶，佔兩縣農牧戶數 16.87%；顯示稻作為花東地區重要農產業之一，為地方農民穩定的經濟來源。

水稻以湛水栽培為主，灌溉水的穩定供應對生長過程至關重要，水資源的可用性直接影響產業的永續發展。東部地區的蓄水設施缺乏水庫，僅少數地區有埤塘及調整池，灌溉用水主要依賴河川引水；而河川水資源主要來自於降雨。依照中央氣象署區分 5 個雨量時期，東部地區降雨特徵為：冬季 (12 月至隔年 1 月) 東部位於東北季風迎風面，每日平均雨量大約為 3 mm；約占年累積雨量的 7-8%。春雨 (2-4 月) 東部在春雨季的雨量比冬季增加，大約是每日 3-4 mm；約占年累積雨量的 11%。梅雨 (5-6 月) 東部梅雨季的雨量約占年累積雨量的 17%，低於夏季及秋季。夏季 (7-9 月) 夏季雨量是臺灣最重要水資源，其主要來源為颱風，東部地區夏季雨量約占年累積雨量近 4 成，為 1 年之中比率最高的雨量。秋季 (10-11 月) 秋季雨量在東部年累積雨量高達 26%，僅次於夏季雨量。綜上所述，東部地區 5 個降雨時間比例相對平均，但近年來隨著全球氣候變遷加劇，臺灣面臨降雨型態改變、乾旱期延長及水資源分配困難等挑戰。以 109 年為例，颱風為臺灣主要降雨來源，但該年度出現全年無颱風登陸，且梅雨季雨量偏少，導致全年累積雨量大減，造成了嚴重的缺水問題。水資源不均衡直接影響農業生產，尤其是東部地區以水稻為主的農產業。因此，如何提升農業用水效率、開發精準灌溉技術，成為迫切需要解決的問題。

東部小尺度場域為執行「東部地區小尺度灌溉示範場域建置計畫」所建立，場域設置於臺東縣關山鎮 (圖一)，東部地區小尺度示範場域面積 5 公頃，共劃分 8 塊田區，每塊田區均配合入水孔數量設置電磁式流量計，計入水口 13 個，出水口 12 個，共 25 部流量計，田區設置土壤濕度計、土壤水分計及氣象站 1 座，並設置主機 1 台，記錄流量及田間相關數據，主機結合物聯網技術，串聯感測器即時監測田間氣象、灌溉水量及土壤水分，並回傳資料至系統平台 (圖二)。場域灌溉系統隸屬關山大圳幹九給支線，由農田水利署關山工作站管理，水源由卑南溪引入；由關山大圳供應區域包含關山鎮、海端鄉、池上鄉及鹿野鄉，灌溉總面積達 2,977 公頃；若逢枯水期會採取分區、分期、分段供水，給水期間視河川進水量，如水量充足則正常供水。場域若有輪供，為灌 11 日停 3 日。

圖一、東部地區小尺度示範場域位置。

圖二、東部地區小尺度示範場域設備。

4.2 慣行操作方式

水稻慣行栽培，以關山為例，第 1 期作於去年 12 月下旬至今年 1 月上旬粗整地，粗整地後 1-2 週灌水濕潤土壤，依照栽培管理需求調整湛水深度及時長，粗整地後 2-3 週進行細整地，隨後拉平，粗整地至拉平為整個栽培週期用水量最集中的時期。拉平後隨即插秧，插秧後水分管理為長時間保持湛水，依生育階段調整水深：

- 幼苗期至分蘗始期：維持約 3 cm 水深，若遇寒流提高水深至 5-7 cm。
- 分蘗始期至分蘗終期：維持水位 3-5 cm。
- 有效分蘗終期至幼穗形成始期：排水曬田以抑制無效分蘗，曬田時長約 5-10 日。
- 幼穗形成期：採用 5-10 cm 深水灌溉約 10 日。
- 孕穗期：輪灌 1-2 次維持土壤濕潤。
- 抽穗後至糊熟期：維持 5-10 cm 深水灌溉。
- 黃熟期：後維持水深約 3 cm 間歇性輪灌，至收割前 5-7 日斷水放乾。

第 2 期作於 7 月上旬至中旬整地，插秧後無寒流問題，但若有藻類過多或窒息病發生跡象，會採用 5 cm 水深配合流放灌溉；餘操作方式略同於第 1 期作，但高溫縮短水稻生育期，各期操作時間略短於第 1 期作。於關山大圳水源不足，採灌 11 日停 3 日輪供時，會於停供前灌水至目標深度。

4.3 最適灌溉模組

- 提高水稻田間水資源效率：田間栽培過程中，水資源消耗及補充可來自 3 部分：
  - 蒸發散量 (Evapotranspiration)

    為作物生長時所需蒸散與附近土壤蒸發水分之總和，即作物需水量；在耕作上，可藉由調整灌溉模式、栽培時期略微降低，112 年度試驗結果，第 1 期作以 4 個插

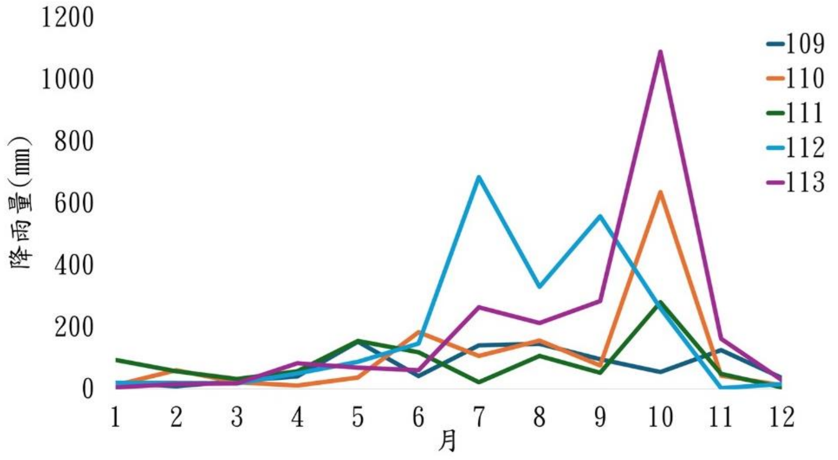
秧期進行慣行灌溉，水利用效率分別為 1 月中旬 0.89 kg/m^3、1 月下旬 0.56 kg/m^3、2 月上旬 0.59 kg/m^3 及 2 月中旬 0.41 kg/m^3，顯示延後插秧，水稻生育期溫度提高，生育總時間縮短，灌溉次數減少，可降低灌溉水量。

- 滲漏量 (Percolation)

包括垂直滲漏 (直滲) 及橫向滲漏 (側滲)，為灌溉水受重力影響，入滲土層至根系以下，或沿側向離開田區，無法為作物吸收。為影響灌溉用水量最大因素。以較大範圍區域而言，水稻田灌溉水滲漏以直滲為主，滲漏量約為側滲的 2-10 倍。側滲集中於乾濕邊界與田埂附近，濕田與乾田交界，側滲量可達直滲量約 10 倍，濕田與濕田交界多以直滲為主，約為側滲量的 2-10 倍。田間管理方式也會影響滲漏，側滲量在田埂受鼠害等破損時提升。耕作方式則影響直滲；犁底層可顯著抑制直滲，深耕等方式打破犁底層後直滲量提高；使直滲率增加 3.7 倍，直滲量增加了 1.5 倍。112-113 年度試驗結果，滲漏田及非滲漏田，第 1 期作總灌溉水量相差 1.56 倍。為避免田間灌溉水流失，應先整修田埂，降低田間側滲量，若降雨時逢水稻需水期，也可有效保留雨水作為灌溉使用；整地作業避免深耕破壞犁底層，減少直滲，對於降低水稻湛水所需灌溉量有助益。

- 有效雨量 (Effective Rainfall)

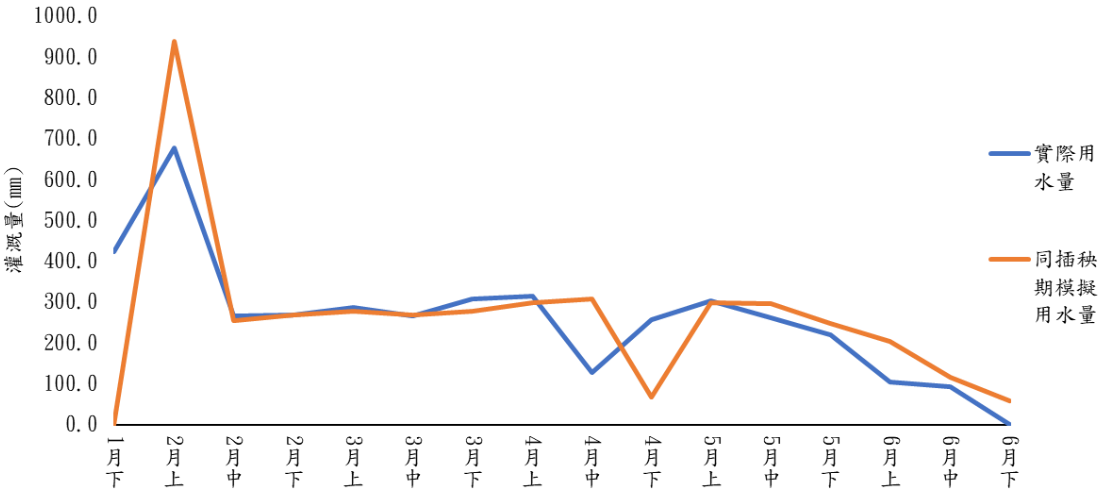
為降雨可補充灌溉，所節省之水量，降雨時若雨量過大過小，作物無法利用，仍不屬於灌溉用水。以關山地區為例 (圖三)，109-113 年，年累積雨量最小為 109 年 885 mm，最大為 113 年 2,287.5 mm，但 113 年 10 月受康芮颱風影響，單月雨量達 1,089.5 mm，作物僅可利用少部分雨量作為生育之用。



圖三、關山地區 109-113 年降雨量。

- 灌溉策略

東部地區第 1 期作水稻插秧時間，為去年 12 月下旬至今年 3 月上旬，越往北插秧時間越晚，慣行灌溉用水高峰最高為整地期，時間約插秧前 10-20 日左右，次為分蘖期，約插秧後 10-30 日間，再次為幼穗分化期至抽穗期，約插秧後 55-65 日。試驗結果顯示(圖四)，錯開插秧期，可將場域尖峰用水量降低 30% 以上，有效避免過於集中造成假性斷流。第 1 期作於曬田後氣溫明顯提高，水稻生育時間縮短，錯開插秧期時間需在 20 日以上，避免幼穗分化期至抽穗期第 3 次用水高峰出現，導致灌溉資源分配失衡，影響生產效率。



圖四、分散插秧期對總用水量之影響。

第 2 期作受到第 1 期作收穫時間影響，整地插秧錯開時間較短，可採用乾濕交替灌溉：

- 插秧至插秧成活 (約分蘗始期)：插秧後 5-7 日，維持約 3 cm 水深。
- 分蘗始期至分蘗終期：以土壤水位正負 5 cm 的復灌模式進行。
- 有效分蘗終期至幼穗形成始期：排水曬田以抑制無效分蘗。
- 幼穗形成期：採用 5-10 cm 深水灌溉約 10 日。
- 孕穗期：輪灌 1-2 次維持土壤濕潤。
- 抽穗後至糊熟期：維持 5-10 cm 深水灌溉。
- 黃熟期：後維持水深約 3 cm 間歇性輪灌，至收割前 5-7 日斷水放乾。

乾濕交替灌溉可有效降低用水量，適合水源有限的地區；慣行灌溉為農友熟悉的操作模式，簡便易行，但水資源利用效率較低。因此，若水源供應穩定，可持續採慣行灌溉；若水量緊迫或需提升灌溉效率，則以乾濕交替模式較為適合。

4.4 結語

水稻為東部地區重要產業，且灌溉依賴河川引水，若於水稻生育敏感時期供水不足，嚴重影響產量及品質。建立東部地區最適灌溉模組，目的為維持水稻產業，在水資源有限時，錯開用水尖峰，避免過於集中造成假性斷流，使水資源調度最佳化，讓耕作管理順利進行；在水資源緊迫時，讓水稻生育關鍵時期可獲得充分灌溉，提高水分利用效率；以期讓東部稻米產業永續發展。